

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-304982

(43)Date of publication of application : 02.11.2000

(51)Int.CI.

G02B 6/42

(21)Application number : 11-111131

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.04.1999

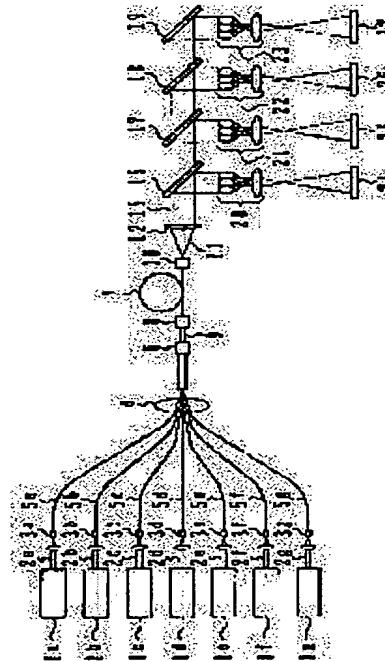
(72)Inventor : KUWABARA KOJI
SASAKI HIROHARU

(54) LASER LIGHT IRRADIATION DEVICE, AND OPTICAL SYSTEM FOR LASER LIGHT IRRADIATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a laser light irradiation device which can irradiate a plurality of objects by collimating integrated laser light through a simple optical system, and an optical system which is used for the laser light irradiation device.

SOLUTION: Laser lights emitted by a plurality of laser light sources 1a, ..., 1g are made incident on an optical fiber bundle 4 formed by bundling the emitting ends 6 of a plurality of optical fibers. The incidence end 8 of a single optical fiber 7 is arranged closely to the emitting end 6 of the optical fiber bundle 4. The convex side of a planoconvex lens 12 is arranged on the side of the emitting end 10 of the single optical fiber 7 and collimates the laser light emitted from the emitting end of the single optical fiber. The optical path of the collimated laser light is split by beam splitters 16, 17, and 18 and objects 24, 25, 26, and 27 are irradiated with optical-path split laser lights respectively.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-304982
(P2000-304982A)

(43)公開日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(51)Int.Cl.
G 0 2 B 6/42

識別記号

F I
G 0 2 B 6/42

テマコード*(参考)
2 H 0 3 7

審査請求 未請求 請求項の数5 O.L (全5頁)

(21)出願番号 特願平11-111131

(22)出願日 平成11年4月19日(1999.4.19)

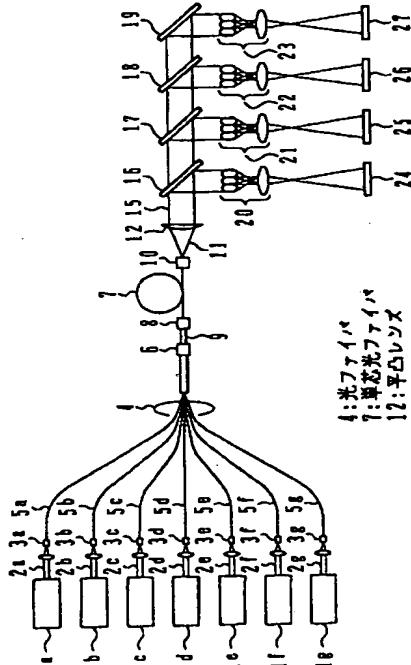
(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72)発明者 桑原 鮎二
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内
(72)発明者 佐々木 弘治
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内
(74)代理人 100077816
弁理士 春日 譲
F ターム(参考) 2H037 AA03 BA06 BA32 BA35 CA13
CA38

(54)【発明の名称】 レーザ光照射装置及びレーザ光照射装置用光学系

(57)【要約】

【課題】一体化されたレーザ光を簡単な光学系でコリメートして、複数の対象物に照射可能なレーザ光照射装置及び、その装置に用いるレーザ光照射装置用光学系を提供することにある。

【解決手段】複数のレーザ光源1a, …, 1gから出射されたレーザ光は、複数の光ファイバの出射端6が束ねられている光ファイバ束4に入射する。光ファイバ束4の出射端6側には、単芯光ファイバ7の入射端8側が近接して配置される。平凸レンズ12の凸側が、単芯光ファイバ7の出射端10側に配置され、単芯光ファイバの出射端から出射されたレーザ光をコリメートする。コリメートされたレーザ光の光路は、ビームスプリッタ16, 17, 18によって分割され、光路分割されたレーザ光は、それぞれ、複数の対象物24, 25, 26, 27に照射される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のレーザ光源と、
複数の光ファイバの出射端が束ねられて構成されるとともに、上記複数のレーザ光源から出射されたレーザ光が、複数の光ファイバの入射端から入射される光ファイバ束と、
この光ファイバ束の出射端側に、その入射端側が近接して配置された単芯光ファイバと、
この単芯光ファイバの出射端側に配置され、単芯光ファイバの出射端から出射されたレーザ光をコリメートするコリメート用光学素子と、
このコリメート用光学素子によってコリメートされたレーザ光の光路を分割するビームスプリッタとを備え、
このビームスプリッタによって光路分割されたレーザ光を、それぞれ、複数の対象物に照射することを特徴とするレーザ光照射装置。

【請求項2】請求項1記載のレーザ光照射装置において、
上記光ファイバ束の最大径をdとし、単芯光ファイバのコア径をDとするとき、d < Dとしたことを特徴とするレーザ光照射装置。

【請求項3】請求項1記載のレーザ光照射装置において、
上記コリメート用光学素子は、平凸レンズであり、
上記単芯光ファイバの出射光を、この平凸レンズの凸面側から入射し、平面側から出射するよう配置したことを特徴とするレーザ光照射装置。

【請求項4】請求項1記載のレーザ光照射装置において、さらに、
上記ビームスプリッタによって光路分割されたレーザ光の光強度分布を平坦化する平坦化光学素子を備えたことを特徴とするレーザ光照射装置。

【請求項5】複数のレーザ光源から出射されるレーザ光を出射端が束ねられた複数の光ファイバからなる光ファイバ束に入射し、この光ファイバ束からの出射光を、光ファイバ束の出射端に近接して配置された単芯光ファイバに入射させ、この単芯光ファイバの出射光を、コリメート用光学素子に入射するように構成したことを特徴とするレーザ光装置用光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光照射装置及びレーザ光照射装置用光学系に係り、特に、複数のレーザ発振器からのレーザ光を光ファイバ束で伝送後、一体化し、さらに、複数の対象物に照射する装置に用いるに好適なレーザ光照射装置及びレーザ光照射装置用光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、植物の生育状況を研究するためには、人工太陽等からの光を植物に照射して、その照射

2

される光強度や波長による植物の生育状況の依存性を研究するようにしている。しかしながら、従来の人工太陽は、その光強度がそれほど強くないため、植物の生育に時間を要することとなり、研究そのものにも長期間を要するものであった。植物に照射する光強度を大きくできれば、植物の生育も加速されるため、研究を短期間で行うことができる。

【0003】そこで、本発明者らは、植物へ光を照射する光源として、従来の人工太陽の光強度よりも強いレーザ発振器を用いたレーザ光照射装置について検討を行ってきた。人工太陽に代わるレーザ光照射装置としては、複数の植物等の対象物に照射する光強度が十分に大きいことや、複数の光強度の光を、それぞれ、複数の植物等の対象物に照射できることや、照射する光の波長を変えられること等の条件を満たすためには、複数のレーザ発振器を用いる必要がある。

【0004】ここで、従来の複数のレーザ発振器からのレーザ光を一体化するものとしては、例えば、特開平5-307127号公報や、特開平7-27950号公報に記載されているように、光ファイバ束で伝送後、単芯の光ファイバやパイプを用いて一体化するものが知られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平5-307127号公報や、特開平7-27950号公報に記載されているものは、医療機器や機械加工に用いられるものであるため、一体化されたレーザ光は、一体化されたまま、被照射物に照射されるものである。

【0006】一方、植物等の生育の研究のためには、一体化したレーザ光を、複数の対象物に同時に照射できるように、再度光路を分割する必要がある。そのためには、一体化したレーザ光をコリメートした後、ビームスプリッタにより光路分割する。ここで、従来の方式では、光ファイバ束から出射されるレーザ光は、ファイバ束を構成している個々の単芯ファイバに加えられているストレスの違いにより、進行方向（光軸）及び広がり角の異なる複数のレーザ光の集合体として出射されるため、簡単な光学系で、平行な光の集合体として空間伝送することが難しいという問題があった。

【0007】本発明の目的は、一体化されたレーザ光を簡単な光学系でコリメートして、複数の対象物に照射可能なレーザ光照射装置及び、その装置に用いるレーザ光照射装置用光学系を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】（1）上記目的を達成するため、本発明は、複数のレーザ光源と、複数の光ファイバの出射端が束ねられて構成されるとともに、上記複数のレーザ光源から出射されたレーザ光が、複数の光ファイバの入射端から入射される光ファイバ束と、この光ファイバ束の出射端側に、その入射端側が近接して配

50

置された単芯光ファイバと、この単芯光ファイバの出射端側に配置され、単芯光ファイバの出射端から出射されたレーザ光をコリメートするコリメート用光学素子と、このコリメート用光学素子によってコリメートされたレーザ光の光路を分割するビームスプリッタとを備え、このビームスプリッタによって光路分割されたレーザ光を、それぞれ、複数の対象物に照射するようにしたものである。かかる構成により、複数のレーザ発振器からのレーザ光を複数の単芯ファイバの一端を結束した光ファイバ束に光ファイバ束の一端に入射し、光ファイバ束から進行方向及び広がり角の異なる複数のレーザ光の集合体として出射されるレーザ光を、光ファイバ束に近接して配置した単芯光ファイバ中を伝播させて進行方向(光軸)を揃えることができ、簡単な光学系でコリメートし得るものとなる。

【0009】(2) 上記(1)において、好ましくは、上記光ファイバ束の最大径をdとし、単芯光ファイバのコア径をDとするとき、 $d < D$ としたものである。

【0010】(3) 上記(1)において、好ましくは、上記コリメート用光学素子は、平凸レンズであり、上記単芯光ファイバの出射光を、この平凸レンズの凸面側から入射し、平面側から出射するよう配置したものである。

【0011】(4) 上記(1)において、好ましくは、さらに、上記ビームスプリッタによって光路分割されたレーザ光の光強度分布を平坦化する平坦化光学素子を備えるようにしたものである。

【0012】(5) また、上記目的を達成するために、本発明は、複数のレーザ光源から出射されるレーザ光を出射端が束ねられた複数の光ファイバからなる光ファイバ束に入射し、この光ファイバ束からの出射光を、光ファイバ束の出射端に近接して配置された単芯光ファイバに入射させ、この単芯光ファイバの出射光を、コリメート用光学素子に入射するように構成するようにしたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図1～図5を用いて、本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置の構成について説明する。最初に、図1を用いて、本実施形態によるレーザ光照射装置の全体構成について説明する。

【0014】レーザ発振器1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gは、波長可変レーザ発振器であり、それぞれ、例えば、680nm～1000nmの波長の光を出射するとともに、その波長を可変できるものである。例えば、複数の対象物に同一の波長の光を照射する場合には、レーザ発振器1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gは、同一の波長の光を出射するように制御される。また、複数の対象物にある波長範囲の光を照射する場合には、レーザ発振器1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gは、それぞれ、異なる波長の光を出射す

るよう制御される。さらに、例えば、複数の対象物に680nm～1000nmの波長範囲の光を照射する場合には、680nmの波長の光や1000nmの波長の光のように、波長可変範囲の両端では光強度が低くなるため、レーザ発振器1a, 1bは680nmの波長の光を出射し、レーザ発振器1f, 1gは1000nmの波長の光を出射し、残りのレーザ発振器1c, 1d, 1eは、それぞれ、680～1000nmの間の異なる波長の光を出射するように、複数台を1グループとして、グループ毎に発振波長が異なる発振器となるように制御することもできる。

【0015】レーザ発振器1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gから出射されたレーザ光2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2gは、入射光学系3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f, 3gにより光ファイバ束4の入射端5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5gに導かれる。光ファイバ束4の中の各光ファイバ中を進んだレーザ光は、光ファイバ束4の出射端6から出射し、近接して配置された単芯光ファイバ7の入射端8から、単芯光ファイバ7に導かれる。

【0016】ここで、図2～図4を用いて、光ファイバ束4の出射端6に単芯光ファイバ7を近接して配置した理由について説明する。図2は、本実施形態によるレーザ光照射装置に用いる光ファイバ束の出射端から出射されるレーザ光の状態説明図であり、図3は、本実施形態によるレーザ光照射装置に用いる光ファイバ束の断面図であり、図4は、本実施形態によるレーザ光照射装置に用いる単芯光ファイバの断面図である。

【0017】図2に示すように、光ファイバ束の出射端6から出射されるレーザ光9は、ファイバ束4を構成している個々の単芯ファイバ5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5gに加えられているストレスの違いにより、進行方向(光軸)及び広がり角の異なる複数のレーザ光の集合体9として出射される。それゆえ、光学素子により一点に集光するのが困難なものである。

【0018】図3は、光ファイバ束4の断面構成を示しているが、光ファイバ束4は、その出射端において単芯ファイバ5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5gは束ねられた上で、カバー4Bによって固定されている。

【0019】ここで、光ファイバ束4の最大径、即ち、光ファイバ束4を構成するコアとクラッドから構成される単芯ファイバ5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5gの最大径、例えば、単芯ファイバ5bから単芯ファイバ5eまでの径をdとする。

【0020】また、図4は、単芯光ファイバ7の断面構成を示しているが、単芯光ファイバ7は、コアとクラッドから構成される光ファイバ本体7Aの外周をカバー7Bによって被覆されている。ここで、単芯光ファイバ7のコア径をDとする。

【0020】そして、本実施形態では、光ファイバ束4

の出射端6から出射される進行方向（光軸）及び広がり角の異なる複数のレーザ光の集合体9を効率よく受光するため、図3に示す光ファイバ束4の最大径dと、図4に示す単芯光ファイバ7のコア径Dの関係を、d < Dとなるように選定している。光ファイバ束4の出射端6と単芯光ファイバ7入射端8を近接して配置することにより、出射端6からの出射光9の大半が単芯光ファイバ7に入射することになる。

【0021】ここで、例えば、光ファイバ束4が、コア径=0.2mmの単芯ファイバを7本結束した光ファイバ束の場合には、d=0.65mmである。それに対して、単芯光ファイバ7のコア径Dを、D=0.7mmとする。このとき、単芯光ファイバ7のコア径DをD=0.8mmや、D=0.9mmのものを用いてもよいが、光ファイバは、断面積が大きくなるほど高価になるため、D=0.7mmのものを用いることにより、安価に構成することができる。

【0022】また、光ファイバ束4が、コア径=0.2mmの単芯ファイバを19本結束した光ファイバ束の場合には、d=1.1mmである。それに対して、単芯光ファイバ7のコア径Dを、D=1.2mmとする。

【0023】なお、出射端6と入射端8は、密着あるいは、接合してもよいものである。また、使用レーザ光に対して、透明で光ファイバのコアと屈折率がほぼ等しい媒体を充填してもよいものである。

【0024】再び、図1に戻り、単芯光ファイバ7の出射端10から出射したレーザ光11は、単芯光ファイバ7の出射端10付近に焦点位置があるコリメート用光学素子である平凸レンズ12の凸面側13から入射され、平行光にする。

【0025】ここで、図5を用いて、本実施形態によるレーザ光照射装置に用いる平凸レンズの作用について説明する。図5は、単芯光ファイバ7の出射端10付近を拡大した様子を示している。単芯ファイバ7中の伝播により、出射レーザ光11は、広がり角は異なるが、進行方向（光軸）が揃った複数（例えば、7個）の光の集合体として出射する。出射レーザ光11は、コリメート用光学素子である平凸レンズ12の凸面側13から入射させるが、これは、出射レーザ光11が広がり角が異なる複数の光の集合体であるため、レンズの球面収差を利用して、ほぼ平行な光に戻すためである。すなわち、大ビーム径の平行光を平凸レンズの平面側から入射し、凸面側から出射させた場合、出射光は球面収差により一点に集光しないが、この現象を逆に利用するものである。

【0026】本発明者らの実験では、レーザ発振器として7台のHe-Neレーザを使用し、光ファイバ束の最大径d=0.73mm、単芯光ファイバ7のコア径D=1.2mm、平凸レンズの焦点距離f=200mmの条件で、平凸レンズの平面側から800~2000mmの範囲でビーム径50mmのほぼ平行なレーザ光が実現できた。

【0027】なお、球面収差は平凸レンズの平面側から

の入射、両凸レンズ、平凸レンズの凸面側からの入射の順で大きいこと、平面側からの入射が、両凸レンズ若しくは平凸レンズ側からの入射の場合に比べて、はるかに大きいことから、単芯光ファイバからの出射光をコリメートする（平行状態にする）には、平凸レンズの凸面側からの入射が好適で、両凸レンズ、平凸レンズの平面側からの入射の順で適用できる。なお、これらレンズの組み合わせでも、同様の目的は達成できるものである。

【0028】再び、図1に戻り、平凸レンズ12によってコリメートされたほぼ平行な光の集合体である出射光15は、ビームスプリッタ16, 17, 18及び反射鏡19によって光路分割される。光路分割されたレーザ光は、それぞれ、蝶の目レンズ20, 21, 22, 23によりレーザ光の強度分布を平坦化されたのち、複数の対象物（例えば、植物プランクトンが収められた容器）24, 25, 26, 27に照射される。

【0029】ここで、ビームスプリッタ16, 17, 18は、例えば、入射した光の60%を反射し、残りの40%を透過する特性を有するものを用いる。レーザ発振器1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1gの各出力を1Wとすると、単芯光ファイバ7の出射端10から出射されるレーザ光の強度は約7Wである。従って、ビームスプリッタ16によって反射され、対象物24に照射されるレーザ光の強度は、約4.2Wである。また、ビームスプリッタ16を透過して、ビームスプリッタ17によって反射された後、対象物25に照射されるレーザ光の強度は、約1.7Wとなる。さらに、ビームスプリッタ17を透過して、ビームスプリッタ18によって反射された後、対象物26に照射されるレーザ光の強度は、約0.6Wとなる。また、さらに、ビームスプリッタ18を透過して、反射鏡19によって反射された後、対象物27に照射されるレーザ光の強度は、約0.4Wとなる。このようにして、対象物24, 25, 26, 27には、同じ性質のレーザ光（例えば、同一波長のレーザ光や、同一波長範囲のレーザ光）を照射しつつ、その光強度を変えることができる。従って、同一の対象物の光強度の相違による発芽や生育等の変化を研究して、スレッシュホールドレベルを容易に求めることができる。しかも、光源としてレーザ発振器を用いるため、その出射光の光強度が大きいため、対象物に照射される光強度も大きくでき、対象物の変化を加速して、短期間で研究することができる。

【0030】なお、ビームスプリッタ16, 17, 18としては、クロム薄膜を蒸着したビームスプリッタや、多層干渉膜を形成したビームスプリッタを用いることができる。クロム薄膜を蒸着したビームスプリッタは、反射率（若しくは透過率）の波長依存性が少ないため、波長を変えて研究を行う場合に適している。また、ビームスプリッタ16, 17, 18の反射率と透過率の比は6:4に限らず、対象物24, 25, 26, 27に照射

したい光強度との関係において、任意の比率のものを用いることができる。

【0031】なお、各光ファイバ $5\text{a}, \dots, 5\text{g}$ 、7の入出射端面には、使用波長域での反射損失が低減されるコーティング膜を施すことにより、光損失を低減することができる。

【0032】本実施形態によれば、光ファイバ束の出射光を単芯光ファイバに導き、単芯光ファイバの出射光を平凸レンズでコリメートするだけであるので、一体化されたレーザ光を簡単な光学系でコリメートして、複数の対象物に照射できるものとなる。また、複数のレーザ発振器からのレーザ光を、ほぼ平行な複数本の光の集合体とすることができるので、一台の発振器では実現できない大きな強度を有するレーザ光を対象物に照射することができる。さらに、波長の異なるレーザ光を同一対象物に同時に照射することができる。

【0033】

【発明の効果】本発明によれば、一体化されたレーザ光を簡単な光学系でコリメートして、複数の対象物に照射できるものとなる。

* 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置の全体構成を示す説明図である。

【図2】本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置に用いる光ファイバ束の出射端から出射されるレーザ光の状態説明図である。

【図3】本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置に用いる光ファイバ束の断面図である。

【図4】本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置に用いる単芯光ファイバの断面図である。

【図5】本発明の一実施形態によるレーザ光照射装置に用いる平凸レンズの作用の説明図である。

【符号の説明】

1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1g…レーザ発振器

4…光ファイバ束

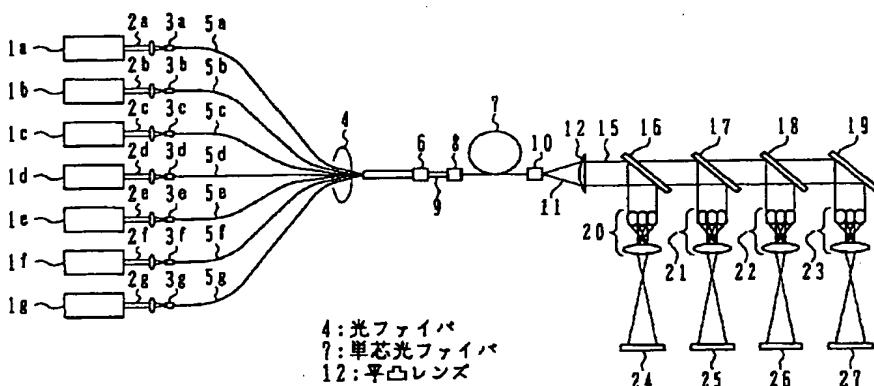
7…単芯光ファイバ

12…平凸レンズ

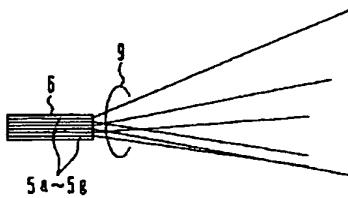
24, 25, 26, 27…対象物

* 20

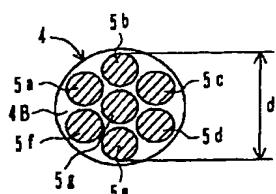
【図1】



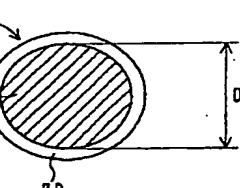
【図2】



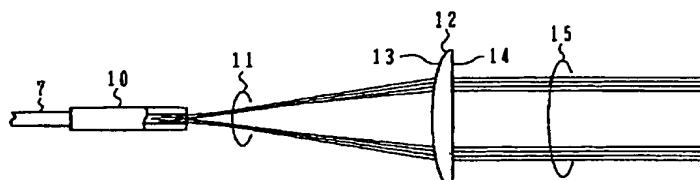
【図3】



【図4】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.